



10/519301

21 DEC 2004

PCT/NL

03700464

KONINKRIJK DER

NEDERLANDEN

Bureau voor de Industriële Eigendom



REC'D 30 JUL 2003
WIPO PCT

Hierbij wordt verklaard, dat in Nederland op 21 juni 2002 onder nummer 1020925,
ten name van:

STICHTING VOOR DE TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

te Utrecht

een aanvraag om octrooi werd ingediend voor:

"Werkwijze en systeem voor het overbrengen van een informatiesignaal over een
vermogenskabel",

en dat de hieraan gehechte stukken overeenstemmen met de oorspronkelijk ingediende stukken.

Rijswijk, 15 juli 2003

De Directeur van het Bureau voor de Industriële Eigendom,
voor deze,

M. Scheevelens
Mw. I.W. Scheevelens-de Reus

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

1020925

22

B. v.d. I.E.

18 SEP. 2002

UITTREKSEL

De onderhavige uitvinding heeft betrekking op een werkwijze
5 voor het inbrengen van een informatiesignaal in een op een
spanningsbron aangesloten vermogenskabel welke ten minste een
of meer geleiders, een rondom de geleiders voorzien
diëlectricum en een geheel of gedeeltelijk rondom het
diëlectricum aangebrachte geleidende aardmantel omvat, de
10 werkwijze omvattende het op een eerste positie via de
aardmantel inbrengen van een pulsvormig informatiesignaal
voor het voortbrengen van een zich in het diëlectricum van de
vermogenskabel naar een tweede positie voortplantend
corresponderend pulsvormig informatiesignaal.

III

102092

B. v.d. I.E.

21 JUNI 2002

WERKWIJZE EN SYSTEEM VOOR HET OVERBRENGEN VAN EEN
INFORMATIESIGNAAL OVER EEN VERMOGENSKABEL

5

De onderhavige uitvinding heeft betrekking op een werkwijs en systeem voor het in- en overbrengen van een elektrisch informatiesignaal in en over een spanningsvoerende vermogenskabel welke ten minste een of meer geleiders, een rondom de geleiders voorzien diëlectricum en een rondom het diëlectricum aangebrachte geleidende aardmantel omvat.

Ondergrondse vermogenskabels of vermogensleidingen worden gebruikt om elektrische energie vanaf een energiecentrale naar een gebruikerspunt te transporteren. Dit gebeurt onder verscheidene spanningen, bijvoorbeeld bij circa 400 kiloVolt voor hoogspanningskabels tot circa 200 Volt voor laagspanningskabels. Door de optredende hoge spanningen op de geleider of de geleiders in de vermogenskabels zijn de geleiders omgeven door een elektrisch isolerend materiaal, ook wel diëlectricum genoemd. Voorts is het isolerend omhulsel van de geleiders geheel of gedeeltelijk omgeven door een metalen aardmantel of aardscherm. In en rond de kabel kunnen aanvullende beschermende omhullingen, zoals voor waterdichtheid, mechanische bescherming, etc., zijn aangebracht.

Niet alleen wanneer een vermogenskabel uit bedrijf is, maar ook wanneer de vermogenskabel in bedrijf is, dat wil zeggen wanneer een of meer van de geleiders zich in een spanningsvoerende toestand bevindt, kan het zinvol zijn om

811

informatiedragende signalen van het ene uiteinde van de kabel naar het andere einde van de vermogenskabel te verzenden. De informatiesignalen kunnen worden toegepast voor diagnostische doeleinden van de vermogenskabel zelf, bijvoorbeeld voor het 5 bepalen van de kwaliteit van het diëlectricum rondom de spanningsvoerende geleiders, of voor het over en weer verzenden van andere gegevens.

Het bezwaar van bekende systemen is dat de informatiesignalen worden ingebracht door apparatuur welke 10 direct is gekoppeld aan de spanningsvoerende geleider(s) van de vermogenskabel. Dit stelt, gezien de optredende relatief hoge spanningen, zware eisen aan de voor het verzenden toegepaste apparatuur.

Het bezwaar van andere bekende systemen is, dat de 15 informatiesignalen worden ingebracht via het aardscherm of de aardmantel met als retourgeleider de aarde (de grond) tussen de eindpunten van de kabel. Deze informatiesignalen worden in dat geval niet afgeschermd van de omgeving en kunnen daarmee de omgeving verstoren (EMC huishouding). Voorts is in sommige 20 vermogenskabels het aardscherm of de aardmantel over het grootste zo niet de gehele kabellengte geaard waardoor de signaaloverdracht in deze bekende systemen niet of nauwelijks mogelijk is.

Het is een doel van de onderhavige uitvinding een 25 werkwijze en systeem te verschaffen waarin bovengenoemde bezwaren en andere, nog niet genoemde bezwaren van de stand van de techniek zijn ondervangen en waarin signalen over de vermogenskabel worden verzonden zonder dat rechtstreeks contact wordt gemaakt met de spanningsvoerende geleiders en zonder dat 30 de signalen de omgeving verstoren en zonder dat de signalen bij een (nagenoeg) permanente aarding van de aardmantel of het

aardscherm van de vermogenskabel worden verzwakt.

Volgens een eerste aspect van de onderhavige uitvinding wordt daartoe een werkwijze verschaft voor het inbrengen van een informatiesignaal in een op een spanningsbron 5 aansluitbare vermogenskabel welke ten minste een of meer geleiders, een rondom de geleiders voorzien diëlectricum en een geheel of gedeeltelijk rondom het diëlectricum aangebrachte geleidende aardmantel omvat, de werkwijze omvattende het op een eerst positie in de aardmantel inbrengen van een pulsvormig 10 informatiesignaal voor het voortbrengen van een corresponderend pulsvormig informatiesignaal over het diëlectricum tussen de geleiders en de aardmantel. Door op een eerste positie, bijvoorbeeld een eerste kabeleinde, een stroompuls in de aardmantel te injecteren, wordt op die positie een 15 spanningspuls over de isolatie (het diëlectricum) van de vermogenskabel veroorzaakt. Hierbij wordt het stroompad via andere componenten in de hoogspanningsverbinding (voor zover aanwezig) gesloten. De aldus veroorzaakte spanningspuls in de vermogenskabel verplaatst zich naar een tweede positie, 20 bijvoorbeeld aan een ander kabeleinde, alwaar de spanningspuls op een op zich bekende wijze gedetecteerd kan worden.

Het informatiesignaal wordt ingebracht met één of meer spoelen enwel direct in de aardmantel ingebracht en/of in een aardleiding tussen de aardmantel en de aarde en/of in een 25 aardleiding tussen de spanningsbron en de aarde, bij voorkeur door gebruik te maken van een of meer op een positie tussen de spanningsbron en de aarde voorziene spoelen.

Via de aardmantel kunnen op bovengenoemde wijze 30 gegevens eenvoudig tussen de genoemde posities worden overgebracht, zonder dat de daartoe benodigde apparatuur wordt blootgesteld aan de hoge elektrische spanningen van de

voedingsbron, zonder dat de overgebrachte signalen de omgeving verstoren en zonder dat de overgebrachte signalen bij een (nagenoeg) permanente aarding van de aardmantel of het aardscherm van de vermogenskabel worden verzwakt.

5 De gegevens omvatten in een bepaalde voorkeursuitvoering informatie die gebruikt wordt voor algemene datacommunicatie tussen de kabeluiteinden.

De gegevens omvatten in een andere voorkeursuitvoering informatie die gebruikt wordt om de tijd te 10 synchroniseren tussen de eerste positie en de plaats waar de gegevens worden ontvangen, zijnde de tweede positie. Hierbij wordt op de eerste positie een stapvormige puls ingebracht (met een maximaal haalbare stijgtijd, de haalbaarheid hiervan hangt af van de systeemgrootheden), waarna deze spanningsstap zich 15 vertaalt in een stapvormige puls welke enige tijd later arriveert op de tweede positie. Het verschil in tijd tussen de pulsinjectie op de eerste positie en de ontvangst van de puls op de tweede positie komt overeen met de looptijd van de puls door de vermogenskabel (plus de benodigde tijd voor 20 pulsinjectie op de eerste positie en pulsdetectie op de tweede positie). Hiermee is het mogelijk om klokken op de eerst en tweede positie met elkaar te synchroniseren, rekening houdend met dit looptijdverschil.

De vereiste nauwkeurigheid van de tijdsynchronisatie 25 bepaalt hoe vaak de tijdsynchronisatiepulsen moeten worden herhaald. Met de huidige kristaloscillatoren is bij een herhalingsfrequentie van circa 1 tijdsynchronisatiepuls per seconde een tijdsynchronisatie mogelijk van enkele tientallen nanoseconden. Dit biedt de mogelijkheid om defecten die in de 30 kabel voorkomen te lokaliseren met een nauwkeurigheid van circa 1 % van de kabellengte. Dit komt omdat die defecten zelf

spanningspulsen genereren waarvan het verschil in aankomsttijd bij de eerste en tweede positie tezamen met de kloktijden die door tijdsynchronisatie tot een bepaalde nauwkeurigheid bekend zijn kenmerkend is voor de lokatie van het defect.

5 De gegevens omvatten in een verdere voorkeursuitvoering informatie die wordt verzonden op de eerste positie na het verstrijken van een vaste tijd na aankomst van een spanningspuls op deze eerste positie die afkomstig is van een defect in de vermogenskabel zelf. Dit defect heeft ook een 10 spanningspuls op de tweede positie gegeven. De aankomsttijd van deze spanningspuls op de tweede positie, tezamen met de aankomsttijd van deze verzonden informatie vanaf de eerste positie geeft de mogelijkheid de lokatie van het defect te berekenen.

15 Volgens een ander aspect van de onderhavige uitvinding wordt een systeem verschaft voor inbrenging van een elektrisch informatiesignaal in een op een spanningsbron aansluitbare vermogenskabel welke ten minste een of meer geleiders, een rondom de geleiders voorzien diëlectricum en een 20 geheel of gedeeltelijk rondom het diëlectricum aangebrachte geleidende aardmantel omvat, omvattende:

- inbrengmiddelen voor het op een eerste positie in de aardmantel inbrengen van een pulsvormig informatiesignaal, daarbij zich naar een tweede positie voortplantend 25 corresponderend pulsvormig informatiesignaal over het diëlectricum tussen de geleiders en de aardmantel voortbrengend.

De inbrengmiddelen omvatten bij voorkeur een of meer nabij de aardmantel, aardleiding en/of de leiding tussen de 30 spanningsbron en de aarde gepositioneerde spoelen waarmee een stroompuls ingebracht kan worden. Deze stroompuls veroorzaakt

een corresponderende spanningspuls over het diëlectricum van de vermogenskabel, zonder daarbij contact te maken met spanningsvoerende delen van de vermogenskabel.

In bepaalde uitvoeringsvormen zijn

- 5 impedantieverhogingsmiddelen, bij voorkeur een of meer ferriet bevattende elementen, voorzien waarmee de impedantie in een of meer aardleidingen lokaal zodanig te verhogen is dat de stroompuls in de aardmantel tot een corresponderende en meetbare spanningspuls over het diëlectricum van de
- 10 vermogenskabel leidt. Zonder deze impedantieverhogingsmiddelen zou de stroompuls in een verkeerde stroomkring kunnen worden opgewekt zonder dat daarbij een corresponderende spanningspuls in het diëlectricum wordt opgewekt.

Bijvoorbeeld voor de hierboven genoemde bepaling van

- 15 de positie van onregelmatigheden in een geleider, welke onregelmatigheden een partiële ontlading in de vermogenskabel tot gevolg hebben; omvat het systeem in een verdere uitvoering tevens detectiemiddelen voor het detecteren van de langs de vermogenskabel voortgeplante spanningspulsen. Deze
- 20 spanningspulsen kunnen het gevolg zijn van door de inbrengmiddelen ingebrachte stroompulsen, maar kunnen ook het gevolg zijn van de bovengenoemde partiële ontladingen.

- Voor een nauwkeurige bepaling van de positie van de onregelmatigheid omvat het systeem in een verdere voorkeursuitvoeringsvorm op de eerste en tweede positie gepositioneerde eerste respectievelijk tweede tijdregistreermiddelen alsmede tijdsynchroniseermiddelen om met een in de aardmantel ingebracht informatiesignaal de tijdregistreermiddelen ten opzichte van elkaar te
- 30 synchroniseren.

Verdere voordelen, kenmerken en details van de

onderhavige uitvinding zullen duidelijk worden uit de navolgende beschrijving van enige voorkeursuitvoeringsvormen hiervan. In de beschrijving wordt verwezen naar de figuren, waarin tonen:

5 Figuur 1 een gedeeltelijk opengewerkt aanzicht van een vermogenskabel;

Figuur 2 een schematisch overzicht van een eerste voorkeursuitvoering van systeem volgens de uitvinding;

10 Figuur 3 een schematisch overzicht van een tweede voorkeursuitvoering van systeem volgens de uitvinding;

Figuur 4 een schematisch overzicht van een derde voorkeursuitvoering van systeem volgens de uitvinding;

Figuur 5 een schematisch overzicht van een vierde voorkeursuitvoering van systeem volgens de uitvinding;

15 Figuur 6 een schematisch overzicht van een verdere voorkeursuitvoering van een meerzijdig meetsysteem volgens de uitvinding in een vertakte kabel; en

Figuur 7 een schematisch overzicht van nog een verdere voorkeursuitvoering van een meerzijdig meetsysteem
20 volgens de uitvinding in een vertakte kabel;

In figuur 1 is als voorbeeld een hoogspanningskabel 1 weergegeven. In de weergegeven uitvoering zijn drie geleiders 2 in het centrum van de hoogspanningskabel 1 voorzien. Een veel voorkomend niet-getoond alternatief is een kabel met één
25 geleider. In het algemeen kan de kabel een of meer geleiders bevatten. De geleiders zijn aangesloten op een hoogspannings- of laagspanningsnetwerk. Rondom de geleiders zijn één of twee gecentreerde, isolerende materiaallagen 3 en/of 4 voorzien. De isolerende materiaallagen 3 en 4 vormen het diëlectricum van de
30 kabel. Rondom de buitenste isolerende laag is een aardmantel of aardscherm 5 voorzien, dat is aangesloten op de aardleiding 7

van het elektriciteitsnetwerk. Het aardscherm kan geheel rondom de isolatie worden aangebracht. Gedeeltelijke omhulling van de isolatie door het aardscherm 5 komt eveneens voor. Opgemerkt wordt dat onder de term "aardscherm" alle mogelijke uitvoeringen van een kabelaarde, zoals een aarde-leiding, een de isolatie geheel of slechts gedeeltelijk omhullende aardmantel, bestaande uit een vlechtwerk van draden (bijvoorbeeld koperdraden) of een massieve metaallaag etc. wordt verstaan.

Rondom het aardscherm 5 zijn additionele beschermlagen 6 aangebracht om de kabel tegen chemische en mechanische aantasting van buitenaf te beschermen. Deze aanvullende lagen zijn denkbaar doch worden niet in alle gevallen allemaal toegepast. De vermogenskabel 1 heeft een lengte van enige tientallen meters tot tientallen km's.

In figuur 2 is een eerste voorkeursuitvoering van het systeem weergegeven. Op de geleider(s) van de vermogenskabel 1 is een wisselspanning tussen 200 V en 400 kV aanwezig. De frequentie van deze wisselspanning is hetzij de netfrequentie (voorbeelden: in Europa 50 Hz, in de USA 60 Hz) hetzij de typische frequentie die toebehoort aan een spanningsbron die is aangebracht om de kabel te testen (bijvoorbeeld 0,1 Hz of een oscillerende spanning). De kabel is verbonden, zoals men in figuur 2 kan zien, met een netcomponent 10. De netcomponent 10 kan een transformator zijn en/of een andere vermogenskabel of enige andere spanningsvoerende netcomponent.

Meestal zijn de aardmantels van de vermogenskabels aan hun uiteinden geaard met een aardleiding. In het geval een kabel niet losgemaakt is van het elektriciteitsnetwerk en er dus sprake is van een on-line situatie, is het mogelijk om deze aardleiding en de daarop aangesloten aardmantel van de kabel

voor diverse doeleinden waaronder datacommunicatie en tijdsynchronisatie te gebruiken, zoals hierna beschreven zal worden.

In figuur 2 is weergegeven dat een spoel SP rond de aardleiding 7 is gepositioneerd, waarbij de aardleiding elektrisch verbonden is met de aardmantel 5. De spoel SP injecteert een korte stroompuls in de aardleiding 7 hetgeen een daarmee corresponderende spanningspuls (pijl V) over het diëlectricum van de vermogenskabel 1 teweegbrengt doordat het stroompad via andere componenten (netcomponent 10 e.d.) in de hoogspanningsverbinding (voor zover aanwezig) gesloten wordt. De aldus veroorzaakte spanningspuls verplaatst zich naar een tweede positie, bijvoorbeeld aan een ander kabeleinde, alwaar de spanningsspuls op een op zich bekende wijze gedetecteerd kan worden.

Dit betekent dat er een puls door de vermogenskabel te sturen is, waarbij de vermogenskabel al dan niet onder hoogspanning staat, zonder dat daarbij direct contact is tussen de hoogspanningvoerende delen en de delen die de puls in de vermogenskabel inbrengen. Voor het inbrengen van de puls is derhalve niet persé (afhankelijk van de lokale omstandigheden met betrekking tot de uitvoeringsvorm van het kabeleinde en de overige hoogspanningscomponenten en afhankelijk van de lokale veiligheidsrichtlijnen is het wel denkbaar dat tijdens het aanbrengen en na afloop van gebruik tijdens het verwijderen van de spoel de voedingsspanning afgeschakeld moet worden) vereist dat de geleiders van de vermogenskabel van de spanning afgehaald dienen te worden.

In figuur 3 is een andere uitvoering weergegeven waarin de spoel SP geïnstalleerd is rond de leiding 12 tussen de spanningbron 10 en de aarde. Analoog aan hetgeen hierboven

beschreven is, kan met behulp van de spoel SP een stroompuls worden ingebracht, welke een spanningspuls (V) over het diëlectricum van de vermogenskabel veroorzaakt.

In figuur 4 is een verdere uitvoering weergegeven.

- 5 Naast de aardleiding 7 is een additionele (tweede, derde, etc) aardleiding 9 toegepast. Wanneer nu de spoel SP rond de aardleiding 7 is gepositioneerd, wordt een stroomkring via aardleiding 9 (gestippelde pijl) gecreëerd aangezien de impedantie van de componenten zoals de netcomponent 10 veelal 10 groter is dan de impedantie van de stroomroute via de aardleiding 9. Teneinde toch een voldoend grote spanningspuls over het diëlectricum te veroorzaken, kan de rechter stroomkring onderbroken worden door deze te openen. Ook is het mogelijk impedantieverhogende elementen 11, bij voorkeur in de 15 vorm van een of meer ferrietkernen, aan te brengen. Deze hebben tot gevolg dat de in de aardleiding 7 geïnjecteerde stroompuls via de leiding 12 een zodanig grote spanningspuls in de vermogenskabel 1 teweegbrengt dat deze aan het andere uiteinde te meten is.

- 20 In figuur 5 is een verdere uitvoering weergegeven waarin de spoel SP is aangebracht rond de aardmantel 5, terwijl de aardmantel 5 aan de niet netcomponent (10) zijde van deze spoel SP is geaard.

- Een andere voorkeursuitvoering betreft het 25 diagnostiseren van het diëlectricum waarbij gebruik wordt gemaakt van het tussen de genoemde posities overbrengen van het informatiesignaal. Als gevolg van eventuele onregelmatigheden in het diëlectricum van de vermogenskabel, bijvoorbeeld ter plaatse van een onvolkommenheid in het diëlectricum van de 30 vermogenskabel, een onvolkommenheid in het diëlectricum van kabellassen, of een onvolkommenheid in het diëlectricum van

kabeleinden, en de optredende relatief hoge spanningen op de geleider kunnen immers zogenaamde partiële ontladingen ontstaan. Partiële ontladingen kunnen op den duur kwaliteitsverlies van de kabel tot gevolg hebben. Partiële 5 ontladingen zijn vaak de voorbode voor complete ontladingen, ofwel doorslag, waardoor de kabel defect geraakt en tot na de reparatie uit bedrijf moet worden genomen.

Elke partiële ontlading veroorzaakt een kleine spanningspuls (of stroompuls) in het bereik van enige mili- 10 Volts tot enige Volts, kenmerkend tussen 10 mV en 10000 mV. De tijdsduur van de spanningspuls is zeer kort, minder dan 1 microseconde, kenmerkend tussen de 10 en 1000 ns.

De door de partiële ontladingen opgewekte spanningspulsen of spanningveranderingen in het algemeen 15 planten zich vanaf de positie van de partiële ontlading in beide richtingen van de geleider voort. De helft van de spanningspuls plant zich naar een eerste kabeleinde en de andere helft plant zich naar het andere kabeleinde voort. Beide spanningspulsen verplaatsen zich door de geleider met een 20 snelheid die nagenoeg gelijk is aan de snelheid van het licht (circa 50% tot 80% van 300.000 km/sec.) Het verschil in aankomsttijd van beide pulssignalen op een eerste en een tweede positie, bijvoorbeeld aan beide kabeluiteinden, kan gebruikt 25 worden om de positie te bepalen van de onregelmatigheid die deze partiële ontlading veroorzaakt. In het geval van een dubbelzijdige meting worden twee door dezelfde onregelmatigheid veroorzaakte pulssignalen gemeten, een eerste pulssignaal wordt met een sensor op een eerste positie gemeten en de tweede puls wordt met een sensor op de tweede posities gemeten. Gebaseerd 30 op het verschil in aankomsttijd van beide pulssignalen, de a priori bekende propagatie-eigenschappen van de kabel (zoals de

voortplantingssnelheid van de pulssignalen) en de vooraf bekende of onbekende lengte van de kabel is de positie van de onregelmatigheid respectievelijk in absolute of relatieve zin te bepalen.

- 5 Cruciaal voor een nauwkeurige bepaling van de posities van onregelmatigheden in het diëlectricum of isolatiemateriaal van vermogenskabels, kabellassen en kabeleinden is de nauwkeurigheid van de tijdregistratie waarmee de aankomsttijden van de door een partiële ontlading
10 veroorzaakte pulssignalen geregistreerd worden. Bekend is het gebruik van door het Global Positioning Systeem (GPS) ter beschikking gestelde tijdgegevens (Universal Time Coordinates) of van zeer nauwkeurige atoomklokken om een tijdregistratie met een nauwkeurigheid in de orde van grootte van enige
15 tientallen nanoseconden mogelijk te maken. Toepassing van GPS-tijdsynchronisatie is echter kostbaar en er is aan elk kabeleinden een buitenantenne nodig om de vereiste GPS kloksignalen te kunnen ontvangen. Ook het gebruik van atoomklokken is kostbaar gebleken en heeft daarmee een
20 grootschalige toepassing in de weg gestaan.

In figuur 6 is weergegeven dat een detector 8 (bijvoorbeeld bestaande uit een pulsonvangspoel SP-0 die kan zijn geplaatst zoals aangegeven voor de spoel SP in de figuren 2, 3, 4 of 5 en een hierop aangesloten registreerapparaat zoals een digitizer) nabij de eerste positie A aangesloten is op een tijdregistereenheid 11 en dat een detector 13 nabij de tweede positie B aangesloten is op een tijdregistreerapparaat 14. Deze enheden registeren de aankomsttijden van de pulssignalen die respectievelijk arriveren op posities A en B.

- 30 Het bepalen van de positie van een onregelmatigheid geschieht als volgt. Als gevolg van een partiële ontlading P in

de kabel 1 verplaatst een eerste pulssignaal S_A zich naar links in de richting van de eerste positie A en verplaatst een tweede pulssignaal S_B zich naar rechts in de richting van de tweede positie B. Beide pulssignalen verplaatsen zich met een bekende snelheid. Eenmaal op posities A en B aangekomen worden de pulssignalen S_A en S_B gedetecteerd door respectievelijk detectoren 8 en 13. De tijdstippen van detectie van de pulssignalen S_A en S_B worden vervolgens geregistreerd door respectievelijk tijdregistreereenheid 11 en 14. De tijdregistreereenheden voorzien hiertoe de gedetecteerde pulssignalen van een tijdlable of tijdstempel waarmee de aankomsttijd en het verloop van de signalen in de tijd kan worden vastgelegd. Het van een tijdlable voorziene signaal kan vervolgens worden opgeslagen op een willekeurig medium of met behulp van de hierna te bespreken communicatiemethoden informatiepuls in het diëlectricum van de vermogenskabel en ingebracht via de aardmantel van de kabel verzonden worden naar een centrale opslagseenheid. Uit de verschillen van de aldus geregistreerde aankomsttijden van beide pulssignalen is het tijdsverschil DT te bepalen. Uit het tijdsverschil DT, de bekende voortplantingssnelheid van de pulssignalen in de geleider, en de a priori bekende lengte l van de kabel kan de positie van de onregelmatigheid P met een nauwkeurigheid van 1-100 m (afhankelijk van de totale lengte l van de kabel 1) worden bepaald. Als de kabellengte niet bekend is, dan kan de positie van de onregelmatigheid in relatieve zin worden bepaald.

Uit het bovenstaande blijkt dat de detectie en tijdregistratie van de pulssignalen door onafhankelijk opererende detectie- en registreesystemen worden uitgevoerd. Voor het nauwkeurig bepalen van de tijdstippen waarop de

- pulssignalen op de verschillende posities arriveren dienen de tijdregistreerenheden ten opzichte van elkaar gesynchroniseerd te worden. Deze synchronisatie kan geheel onafhankelijk van de positiebepaling worden uitgevoerd,
- 5 bijvoorbeeld door de tijdregistreerenheden vóór of ná de positiebepaling uit te voeren. Synchronisatie kan echter ook tijdens de positiebepaling uitgevoerd worden.
- Het synchroniseren vindt plaats door een tijdsynchronisatiespanningspuls te injecteren aan het
- 10 kabeleinde A door een spoel SP zoals eerder beschreven. Deze tijdsynchronisatiespanningspuls TP beweegt naar het tegenover liggende kabeleinde B, net zoals de eerder genoemde spanningspuls die het gevolg was van de partiële ontlading. De tijdsynchronisatie spanningspuls TP kan gemeten worden aan het
- 15 kabeleinde B met dezelfde detector 13 waarmee het pulssignaal S_B is gemeten. Wanneer de pulsinjectie op positie A wordt herhaald met een specifiek, voorafbepaald interval, zal de synchronisatiepuls met hetzelfde interval op positie B gedetecteerd worden. Dit maakt het mogelijk de
- 20 tijdregistreerenheid 14 op positie B te synchroniseren met de tijdregistreerenheid 11 op positie A. Hierbij wordt er van uitgegaan dat de tijdregistreerenheden in het tijdsinterval tussen twee synchronisatiepulsen zodanig stabiel zijn, dat de tijdregistratie met afdoende nauwkeurigheid uit te voeren is.
- 25 Nadat de tijdregistreerenheden aldus ten opzichte van elkaar zijn gesynchroniseerd en de tijdlabels van de ontvangen of de nog te ontvangen pulssignalen S_A en S_B derhalve met elkaar vergeleken kunnen worden, zijn de verschillen in aankomsttijd van de pulssignalen nauwkeurig te bepalen. Door de
- 30 tijdregistreerenheden te synchroniseren en zodoende een voldoend nauwkeurige bepaling van de aankomsttijdverschillen

mogelijk te maken, kan worden afgezien van speciale, zeer nauwkeurige klokken, zoals die uit het eerder genoemde GPS-systeem. Volstaan kan worden met relatief eenvoudige, in het vakgebied bekende klokken of zelfs in het vakgebied bekende tellers aangezien niet de absolute tijd maar slechts de relatieve tijd ten opzichte van de synchronisatietijdstippen van belang is.

In figuur 7 is een andere voorkeursuitvoeringsvorm van de uitvinding weergegeven. In deze uitvoering is aan het rechter uiteinde B van de kabel 1 een detector 13 en een tijdregistreereenheid 14 voorzien. De detector 13 detecteert het zich naar rechts verplaatst hebbende pulssignaal S_B op tijdstip T_C en de tijdregistreereenheid 14 voorziet dit pulssignaal S_B van een tijdlablet waarmee de aankomsttijd T_C van het pulssignaal S_B is af te leiden. Het zich naar links verplaatsende pulssignaal S_A wordt opgevangen door een detector 8. De detector stuurt vervolgens een responder 15 aan die een synchronisatiepuls TP op tijdstip T_B via de spoel SP terugstuurt naar positie B. De detector 13 detecteert vervolgens de aankomst van de synchronisatiepuls TP , waarna het tijdregistreerorgaan 14 de ontvangen synchronisatiepuls TP voorziet van een tijdlablet. Het tijdregistreerorgaan 14 is aangesloten op een (niet-weergegeven) computer (waarbij onder computer enig elektronisch rekenwerktoog wordt verstaan). De computer bepaalt de aankomsttijd T_A van het eerste spanningspulssignaal S_A aan de hand van de looptijd van de synchronisatiepuls TP , waarbij de aankomsttijd van het eerste pulssignaal S_A op positie A is gelijk aan de aankomsttijd van de synchronisatiepuls TP op positie B, minus de looptijd van de synchronisatiepuls (gelijk aan de voorafbepaalde kabellengte l gedeeld door de voortplantingssnelheid van de puls door de

kabel) en minus een vooraf ingestelde tijdvertraging (D_t) die gelijk is aan de tijd die verstrijkt tussen het ontvangen van het eerste spanningssignaal op positie A en het verzenden van de synchronisatiepuls met de transponder 15. Nu eenmaal de 5 aankomsttijden van het eerste en tweede pulssignaal bekend zijn, is op de hierboven beschreven wijze de positie van de de partiële ontlading veroorzaakende onregelmatigheid vast te stellen.

De tijdsynchronisatiepulsen kunnen tevens gebruikt 10 worden voor gegevenscommunicatie tussen de twee kabeleinden, bijvoorbeeld door het verzenden en ontvangen van verdere pulsen in een specifiek ritme achter de tijdsynchronisatiepuls. Deze gegevens kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden om de meetapparatuur aan beide uiteinden van de vermogenskabel nader 15 in te stellen of om de uitkomsten van de tijdlabbelproces naar een bepaald kabeleinde te sturen alwaar de uitkomsten verder verwerkt kunnen worden.

Tevens is het mogelijk in de informatiesignalen stuurgegevens op te nemen voor besturing van de onderstations 20 waarop de vermogenskabel is aangesloten of gegevens over de vermogenskabel zelf. Wanneer bijvoorbeeld in een onderstation van het externe electriciteitsnetwerk een storing optreedt, kunnen gegegevens over de aard, omvang e.d. van deze storing via de aardmantel van de vermogenskabel verstuurd worden, 25 zonder dat daarbij de spanning van de vermogenskabel af gehaald behoeft te worden. Deze gegevens kunnen dan voor een operator aanleiding zijn het betreffende onderstation te laten repareren. Ook is het mogelijk gegevens terug te sturen naar het onderstation met het doel het onderstation zodanig aan te 30 sturen, dat de storing verholpen wordt. Hierdoor kunnen de in de praktijk vaak voor dit doel toegepaste vaste

telefoonverbindingen met de onderstations achterwege blijven.

De onderhavige uitvinding is niet beperkt tot de bovenbeschreven voorkeursuitvoeringsvormen daarvan. De gevraagde rechten worden bepaald door de navolgende conclusies,
5 binnen de strekking waarvan velerlei modificaties denkbaar zijn.

CONCLUSIES

5

1. Werkwijze voor het inbrengen van een informatiesignaal in een op een spanningsbron aangesloten vermogenskabel welke ten minste een of meer geleiders, een 10 rondom de geleiders voorzien diëlectricum en een geheel of gedeeltelijk rondom het diëlectricum aangebrachte geleidende aardmantel omvat, de werkwijze omvattende het op een eerste positie via de aardmantel inbrengen van een pulsvormig informatiesignaal voor het voortbrengen van een zich in het 15 diëlectricum van de vermogenskabel naar een tweede positie voortplantend corresponderend pulsvormig informatiesignaal.

2. Werkwijze volgens conclusie 1, waarbij het in de vermogenskabel inbrengen van een pulsvormig informatiesignaal omvat het direct in de aardmantel, het in een aardleiding 20 tussen de aardmantel en de aarde inbrengen of het in een leiding tussen de spanningsbron en de aarde inbrengen van het informatiesignaal.

3. Werkwijze volgens conclusie 1 of 2, omvattende het via de vermogenskabel tussen de genoemde posities overbrengen 25 van gegevens.

4. Werkwijze volgens een der voorgaande conclusies, waarbij algemene gegevens stuurgegevens omvatten of gegevens over de vermogenskabel zelf.

5. Werkwijze volgens een der conclusies 1-4, 30 omvattende het tijd synchroniseren tussen de eerste en tweede positie.

6.-Werkwijze volgens conclusie 5, omvattende het periodiek met een voorafbepaald tijdsinterval verzenden van een synchronisatieinformatiesignaal en het met het periodiek verzonden synchronisatiesignaal periodiek synchroniseren van 5 nabij de eerste en het tweede positie gerangschikte tijdregistreermiddelen.

7. Werkwijze volgens conclusie 5 of 6, omvattende het diagnostiseren van het diëlectricum aan de hand van het tussen de genoemde posities overbrengen van het informatiesignaal.

10 8. Werkwijze volgens een der voorgaande conclusies, waarin de vermogenskabel een of meer aftakkingen omvat.

9. Werkwijze volgens een der voorgaande conclusies, omvattende het inbrengen van het informatiesignaal wanneer een of meer van de geleiders zich in spanningsvoerende toestand 15 bevindt

10.. Werkwijze volgens een der voorgaande conclusies, waarin de spanningsbron een station van een extern elektriciteitsnetwerk is

11. Systeem voor inbrenging van een elektrisch 20 informatiesignaal in een op een spanningsbron aangesloten vermogenskabel welke ten minste een of meer geleiders, een rondom de geleiders voorzien diëlectricum en een geheel of gedeeltelijk rondom het diëlectricum aangebrachte geleidende aardmantel omvat, omvattende:

25 - inbrengmiddelen voor het op een eerste positie via de aardmantel inbrengen van een pulsvormig informatiesignaal, daarbij een zich naar een tweede positie voortplantend corresponderend pulsvormig informatiesignaal in het diëlectricum van de vermogenskabel voortbrengend.

30 12. Systeem volgens conclusies 11, waarbij de inbrengmiddelen zijn uitgevoerd voor het direct in de

aardmantel, het in een aardleiding tussen de aardmantel en de aarde inbrengen of het in een leiding tussen de spanningsbron en de aarde inbrengen van het informatiesignaal.

13. Systeem volgens conclusie 11 of 12, waarbij de
5 stroominbrengmiddelen een of meer nabij de aardmantel,
aardleiding en/of de leiding tussen de spanningsbron en de
aarde gepositioneerde spoelen omvatten voor het inbrengen van
de stroompuls.

14. Systeem volgens een der conclusies 11-13,
10 omvattende impedantieverhogingsmiddelen waarmee de impedantie
in een of meer aardleidingen lokaal zodanig te verhogen is dat
het in te brengen informatiesignaal een corresponderend
pulsvormig informatiesignaal in met name het diëlectricum van
de vermogenskabel veroorzaakt.

- 15 15. Systeem volgens conclusies 14, waarbij de
impedantieverhogingsmiddelen een of meer in de betreffende
aardleiding(en) aangebrachte ferrietelementen omvatten.

16. Systeem volgens een der conclusies 11-15, tevens
detectiemiddelen omvatten voor het detecteren van de langs de
20 vermogenskabel voortgeplante spanningspulsen.

17. Systeem volgens een der conclusies 11-16,
omvattende op de eerste en tweede positie gepositioneerde
eerste respectievelijk tweede tijdregistreermiddelen alsmede
tijdsynchroniseermiddelen om met een in de aardmantel
25 ingebracht informatiesignaal de tijdregistreermiddelen ten
opzichte van elkaar te synchroniseren.

18. Systeem volgens conclusie 17, waarbij de
inbrengmiddelen zijn ingericht voor het periodiek met een
voorafbepaald tijdsinterval inbrengen van het informatiesignaal
30 en de synchroniseermiddelen zijn ingericht voor het periodiek
synchroniseren van de eerste en tweede tijdregistreermiddelen.

19. Systeem volgens conclusie 17 of 18, waarbij de
inbrengmiddelen, detectiemiddelen en de tijdregistreermiddelen
zijn ingericht voor het bepalen van de posities van partiële
ontladingen veroorzakende onregelmatigheden in het diëlectricum
5 van de vermogenskabel.

20. Systeem volgens een der conclusies 11-19, waarbij
de spanningsbron een station van een extern
elektriciteitsnetwerk is.

21. Systeem of werkwijze volgens een der voorgaande
10 conclusies, waarbij de spanning op de spanningsvoerende
leidingen in het gebied van 200 V tot 400 kV is.